©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Orogenese im Kalkalpengebiete in Trias-, Jura- und Unterkreidezeit

Von Kurt Leuchs
Korresp. Mitglied der Akademie der Wissenschaften

(Vorgelegt in der Sitzung am 19. Februar 1948)

Der Zeitraum zwischen variszischer und starker alpiner Orogenese ist in den Alpen, vor allem in den Ostalpen, durch die Bildung mächtiger Schichtreihen von Trias, Jura und Unterkreide bezeichnet. Sie liegen im allgemeinen konkordant übereinander, die einzelnen Abteilungen sind nicht durch Diskordanzen und größere Lagerungsstörungen getrennt.

Dadurch entstand vielfach die Vorstellung von orogener Ruhe während dieser Zeiten, und die Bildung der mehrere Kilometer mächtigen Ablagerungen sollte im wesentlichen nur durch dauernde, im einzelnen ungleiche epirogene Senkung des Meeresbodens, ohne größere zeitliche Unterbrechungen der Sedimentation, entstanden sein.

Diese Annahme ist jedoch, wie im folgenden näher dargelegt werden soll, nur sehr bedingt zutreffend. Allein schon der überaus häufige örtliche und zeitliche Wechsel von Beschaffenheit und Mächtigkeit der Sedimente, die in verschiedenen Stufen der Schichtreihe entweder nur vereinzelt in wenigen Teilgebieten oder aber in größeren Gebieten ausgebildeten grobklastischen Einschaltungen, oft mit Komponenten aus verschiedenen älteren Schichtreihen, vor allem aber auch das Bestehen von Schichtlücken und andere Tatsachen beweisen zur Genüge, daß von einer gleichmäßigen, ohne Unterbrechung erfolgten Ablagerung nicht die Rede sein kann.

Wenn auch exogene Kräfte: zeitliche und örtliche Verhinderung von Sedimentation durch starke Strömung, besonders über Untiefen und Schwellen, sehr geringer oder selbst fehlender Absatz von Sediment durch entsprechend geänderte Bedingungen, etwa

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

durch Vergrößerung der Küstenferne u. a., ganz allgemein als Ursachen solcher Unterbrechungen in Betracht kommen können, so genügen sie doch nicht zur Erklärung der zahlreichen Schichtlücken und des häufigen Fazieswechsels, vor allem nicht dann, wenn diese Erscheinungen in größeren Gebieten gleichzeitig auftreten.

Das gilt ganz besonders für die Fazieswechsel zwischen ladinischer und karnischer Stufe, zwischen rhätischer Stufe und Jura, in geringerem Ausmaße auch für die Übergänge von skythischer zu anisischer Stufe.

Bezüglich des ladinisch-karnischen Sedimentationswechsel konnte schon 1927 und ausführlicher 1936 dargelegt werden, daß die in Teilgebieten der Ostalpen deutlich sichtbare ungleichförmige Ablagerung von Sanden der karnischen Stufe über den Riffen des ladinischen Wettersteinkalkes und die Einlagerung dieser Sande in Karren und Dolinen der Riffe nur durch vorhergehende Trockenlegung und dadurch ermöglichte subaërische Verwitterung der Kalksteine erklärt werden kann.

Die vorher lange Zeit wirksame Senkung, die zur Bildung der mächtigen Riffbauten führte, wurde abgelöst von einer Hebung des Meeresbodens. Sie war in den einzelnen Teilen des alpinen Meeres verschieden stark, teilweise so gering, daß eine entsprechende Einwirkung auf die Sedimentation nur durch den Fazieswechsel kenntlich wird oder selbst dieser unterbleibt, wie in Teilen des Salzburg-Berchtesgadner Faziesgebietes, in anderen Gebieten aber führte diese Hebung zu Landbildung und damit zu einer kürzere oder längere Zeit anhaltenden Unterbrechung der marinen Sedimentation.

Die starke und längere Zeit anhaltende Einwirkung dieser Landbildung auf die der Hebung folgende Sedimentation geht aus der Beschaffenheit der karnischen Gesteine hervor: Sandsteine mit Pflanzen und Kohlenflözen, vor allem im Bereich der Lunzer Fazies, andererseits Anhydrit und Gipslagen in verschiedenen Gebieten sowie Beendigung der vorher weit verbreiteten Riffbildungen im größten Teil der Ostalpen und in den östlichen Teilen der Westalpen sind deutliche Beweise dafür.

Diese spätladinische Hebung ist nicht auf das Alpengebiet beschränkt. Vielmehr konnte sie auch in weiten Gebieten der eurasiatischen Tethys schon 1936 festgestellt werden, im Kaukasus, im Pamir, in Hinterindien, im Malaiischen Archipel, in Japan, Ostsibirien, Neukaledonien, Neuseeland und 1939 auch in Anatolien. Wahrscheinlich läßt sie sich auch noch in anderen Tethysgebieten nachweisen. Sicher aber ist mit ihrem bisherigen

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Nachweis in so vielen Teilgebieten die Möglichkeit, in dieser Hebung die Wirkung rein örtlicher Vorgänge zu sehen, ausgeschlossen. So erweist sie sich als eine im gesamten Tethysgebiete, wenn auch in den einzelnen Teilgebieten in verschiedener Stärke, wirksame Unterbrechung der vorher und nachher wieder vorwiegenden Senkungen.

Den 1936 beschriebenen Hebungsgebieten aus dem bayrischen Teil der nördlichen Kalkalpen (von Müller-Deile sind seitdem noch einige weitere mit gleichartiger Ausbildung wie an der Benediktenwand beschrieben worden) mögen noch einige aus den österreichischen Nordkalkalpen angereiht werden.

Aus dem Hetzgraben südlich Reichraming beschrieb Geyer 1909 ein Profil des Überganges von ladinischer zu karnischer Stufe. In der dort aufgeschlossenen obersten Schichtfläche des Wettersteinkalkes sind große schüsselförmige Vertiefungen oder Korrosionsmulden ausgebildet. Sie sind mit einer brecciösen Brauneisenkruste ausgekleidet, darüber liegen zunächst schwarze Reingrabener Schiefer, die dann mit Lunzer Sandstein wechsellagern, der ein dünnes Kohlenflöz enthält. Weiter östlich keilt der Wettersteinkalk aus, dort liegt der Sandstein auf den Hangendmergeln des Reiflinger Kalkes, die Fossilien der Partnachschichten enthalten. Da Breccien oder Konglomerate mit Trümmern des Wettersteinkalkes fehlen, soll, nach Geyer, keine Zerstörung von Wettersteinkalk vor Ablagerung der Schiefer stattgefunden haben. Jedoch beweisen die schüsselförmigen Vertiefungen in der obersten Schicht des Kalksteins, die Brauneisenkrusten und die gesamte Ausbildung der Gesteine im Grunde das gleiche wie in der Benediktenwandgruppe, so daß auch im Hetzgraben die Wirkungen der spätladinischen Hebung festzustellen sind.

Im Höllengebirge fand, nach den Ausführungen von Pia 1912, in der karnischen Zeit eine Invasion von grobem terrigenem Sediment statt, die das Riffwachstum beendete. Eine wirkliche Trockenlegung sei nicht nachzuweisen, jedoch dürfte sie in nicht zu großer Entfernung bestanden haben. Der oberste Teil des Wettersteinkalkes ist dort in Dolomit umgewandelt, darüber liegt eine Schalenbreccie, dann folgt Lunzer Sandstein. Wenn auch hier die Sachlage nicht so überzeugend ist wie im Hetzgraben, so tritt die Auswirkung der spätladinischen Hebung doch ebenfalls klar hervor.

Zusammen mit den westlichen Vorkommen geht daraus der Nachweis dieser Hebung von den Hohenschwangauer Bergen bis in das Ennsgebiet hervor. Es gibt sicher noch weitere Gebiete in

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

den Nordkalkalpen, in denen der Hiatus zwischen ladinischer und karnischer Sedimentation klar sichtbar ist. Die geringe Bedeutung, die ihm zumeist beigelegt wurde, ist wohl auch die Ursache dafür, daß dem Beweismaterial solcher Aufschlüsse nicht die entsprechende Würdigung zuteil wurde.

Es fehlte auch nicht an Versuchen, rein örtliche Ursachen zur Deutung heranzuziehen. So wollte Spengler 1918 durch ekzematische Bewegungen vor und während der ladinischen Zeit in der juvavischen Zone 600—800 m hohe Aufwölbung und Auslaugung mit folgender Senkung entstehen lassen, also salinare Ursachen für die Bewegungen verantwortlich machen. Nach Spengler 1927 wäre die Triaszeit eine Zeit vollkommenster Erdruhe gewesen, die langsame und gleichmäßige Bodensenkung möchte er als isostatischen Vorgang deuten.

Cornelius schloß sich 1925 der Auffassung einer vollkommenen Bodenruhe während der Triaszeit, abgesehen von dem langsamen Sinken der Geosynklinale, an. 1940 betonte er, daß im eigentlichen Sinne orogenetische Bewegungen nicht nachzuweisen seien. Ungleichmäßige Geosynklinalsenkung und geringfügige Hebungen und Bewegungen des Wasserspiegels seien ausreichend, um die Vorgänge, auch die große karnische Regression, zu erklären.

Im Lias dagegen zeige sich die Auswirkung der ersten sicheren „Deckenembryonen" (in der Auffassung von Argand und Staub) durch die zahlreichen Breccien mit triassischen und älteren Bestandteilen, so daß auch Cornelius die vorausgegangenen Bewegungen nicht mehr als epirogene bezeichnen möchte.

Dazu ist zu bemerken, daß zwar in den Gebieten mit skythischen Salzlagern ekzematische Bewegungen wirksam gewesen sein können, daß aber bei der Beschränkung der Salzlager auf ganz wenige eng begrenzte Gebiete der Nordalpen die jetzt in so vielen salzfreien Teilen des Tethysgebietes nachgewiesene Hebung nur rein tektonischer Art gewesen sein kann.

Es müssen deshalb auch für die Triaszeit tektonische Bewegungen angenommen werden, nicht nur in Form von Senkungen, die durchaus nicht gleichmäßig waren, wie sich schon aus dem Wechsel von Art und Mächtigkeit der Sedimente ergibt, sondern auch stärkere Hebungen, die unter anderem zu dem weitverbreiteten Hiatus zwischen ladinischer und karnischer Stufe führten und stellenweise selbst eine beträchtliche und längere Zeit andauernde Landbildung erzeugten.

Auch im nördlichen Vorland des alpinen Meeres ist eine entsprechende zeitlich gleiche stärkere Hebung

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

eingetreten, kenntlich durch den Abschluß der meerischen Sedimentation mit dem Hauptmuschelkalk und die folgende, weitaus vorwiegend kontinentale Sedimentation des Keupers, die mit dem stellenweise, hierin analog dem Lunzer Sandstein, ebenfalls kohlenführenden Lettenkeuper beginnt.

Auf diese Gleichzeitigkeit der tektonischen Vorgänge im ozeanischen und germanischen Triasbereiche habe ich schon früher hingewiesen und sie als Beweis dafür angeführt, daß zwischen sog. Geosynklinalzonen und ihrem Vorlande diesbezüglich keine grundsätzlichen Unterschiede bestehen müssen.

Für die Südalpen hat auch Kossmat orogenetische Vorgänge zwischen ladinischer und karnischer Stufe angenommen. 1936 hat er Beispiele aus dem Gebiet von Idria und Vojnsko erwähnt, wo die Raibler Schichten mit Grundkonglomeraten über den dolomitischen Muschelkalk transgredieren, während an anderen Stellen Bauxitlager die Mitteltrias von den Raibler Schichten trennen.

Kossmat nahm deshalb eine ladinische oder vorkarnische orogene Phase an, während ich unabhängig davon in der im gleichen Jahre erschienenen Abhandlung unter Berücksichtigung des Fehlens von stärkeren Diskordanzen diese orogenen Bewegungen als spätladinische Hebung bezeichnete.

In den Dolomiten, einem Gebiete, das im ganzen wesentlich bewegter war als das der Nordalpen, da in ihm während einzelner Abschnitte der Triaszeit starker Vulkanismus mit Förderung von Laven und Tuffen herrschte, zeigt sich der Hiatus zwischen ladinischer und karnischer Stufe gelegentlich ebenfalls deutlich, nicht nur durch den Fazieswechsel, sondern auch durch Sandsteine mit Brauneisenkörnern und -krusten sowie mit Bohnerz. Örtlich sind auch Konglomerate ausgebildet. Im Gebiete zwischen St. Cassian und Buchenstein beginnen die Raibler Schichten über Schlerndolomit und Cassianer Schichten mit Bohnerz führenden Quarzsandsteinen, darüber folgen grobe Sandsteine mit Einschlüssen von Dolomit, Quarz und Hornstein, z. T. sind hornsteinführende Konglomerate ausgebildet. Auch in anderen Teilen der Dolomiten sind die Raibler Schichten teilweise als Sandsteine mit Bohnerz entwickelt. So bestehen die Schlernplateauschichten aus roten Mergeln mit Pflanzenresten, Sandsteinen mit Bohnerz, Breccien und sandigen Kalken.

In Graubünden (Engadiner Dolomiten) stellten Spitz und Dyhrenfurth im Wettersteindolomit häufig Brec-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

cien sowie Krusten und Lagen von Brauneisen und allmählichen Übergang von Wettersteindolomit zu Raibler Dolomit fest. Dieser geht über in bunte Schieferlagen, sandige kieselige Schiefer mit Glimmer und anderen ortsfremden Bestandteilen, dann folgen Kalksteine, die in Zellenkalke und Rauchwacken mit Gips übergehen, sowie als sehr bezeichnende Bestandteile sedimentäre Breccien mit bunten Schiefern, Brauneisenlagen, Stücken von Diabasporphyrit, Tuff und Quarzporphyr.

In der Err-Julier-Gruppe beginnen die Raibler Schichten, nach der eingehenden Beschreibung von Cornelius, oft örtlich mit grober Breccie aus Komponenten von älterer Trias, mit z. T. meterlangen Blöcken. Diese Grundbreccie liegt über verschiedenen Triasstufen (anisischem Dolomit, Buntsandstein u. a.) und erreicht eine Mächtigkeit bis zu 10 m. Es folgen Dolomite, schwarze Schiefer, bunte, feinsandig-tonige Schiefer, bunte Dolomite, feine Dolomitbreccien verknüpft mit roten Sandsteinen und Rauchwacken. Cornelius möchte die Bildung der groben Breccie ohne orogene Bewegung erklären, d. h. ohne Aufwölbung, es würde die Annahme einer gehobenen Platte genügen. Damit ergibt sich enge Übereinstimmung mit meiner eigenen Annahme einer spätladinischen Hebung, die ich allerdings für einen orogenen Vorgang halte.

Die abwechslungsreichen Sedimente der karnischen Stufe beweisen Andauer stärkerer Bodenunruhe in den Alpen und in vielen anderen Gebieten während längerer Abschnitte der karnischen Zeit. Faltung scheint dadurch jedoch in keinem Gebiete eingetreten zu sein. Kossmat führt zwar 1936 in der Tabelle S. 397 von Nordostasien eine jakutische Faltung nach der unteren Trias an, der die karnisch-norische Transgression folgte. Da derzeit die Möglichkeit fehlt, entsprechende Originalliteratur einzusehen, kann dazu nichts Näheres gesagt werden.

* *

Es gab im Gebiete der alpinen Trias auch schon vor der spätladinischen Hebung und den innerkarnischen Bewegungen größere Unterbrechungen und Störungen der normalen gleichmäßigen Ablagerung. Sie sind ebenfalls durch grobklastische Einschaltungen und durch Transgressionen jüngerer Schichtglieder über mehr oder weniger ältere kenntlich.

Vor allem in den Südalpen sind dafür Beweise vorhanden. So besteht in den karnischen Alpen die anisische Stufe im unteren Teil aus bunten Kalkkonglomeraten und in den südlich sich anschließenden Kalkalpen treten dazu noch Breccien.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

In den Dolomiten hatte schon v. Richthofen 1860 die weitverbreiteten Konglomerate zwischen skythischer und anisischer Stufe festgestellt. 1879 bezeichnete sie v. Mojsisovics als Konglomerate des unteren Muschelkalkes. Ihr Vorkommen in einzelnen Teilen der Dolomiten wurde später durch Ogilvie-Gordon, v. Klebelsberg, Nöth, Mutschlechner, Reithofer, van Houten u. a. genauer untersucht. Diese Konglomerate setzen sich zusammen aus Bestandteilen der Campiller und Seiser Schichten, von Dolomit und dolomitischem Kalkstein, von permischem Bellerophonkalk und gebietsfremdem, wahrscheinlich vorpermischem Marmor.

Größe und Formen der einzelnen Komponenten sind sehr verschieden: die bis kopfgroßen Trümmer sind stark- oder schwachgerundet, kantengerundet, eckig, das Bindemittel ist meist glimmerreicher Kalksand. Die Mächtigkeit wechselt zwischen 1 und 10 m.

Auch westlich der Dolomiten kommen entsprechende Bildungen vor. Östlich des Lago Maggiore liegt, nach van Houten, der anisische Dolomit auf den permischen Laven und Tuffen, wobei Sandsteine, Tone und Mergel eine Übergangszone bilden, teilweise ist aber auch ein Grundkonglomerat mit Tuffkomponenten ausgebildet, der Dolomit ist feinbrecciös und enthält Bestandteile aus dem Liegenden.

Diese durchaus nicht vollständigen Angaben über Auftreten und Ausbildung grobklastischer Einschaltungen mit Aufarbeitung skythischer und permischer Gesteine sowie das Vorkommen von Konglomeratlagen auch in höheren Abteilungen der anisischen Stufe mit eckigen und gerundeten Komponenten bis zu Kopfgröße, die Einschaltung von Sandsteinlagen, sandigen, pflanzenführenden Schiefern und Kalken sowie von Konglomeraten auch in höheren Lagen u. a. beweisen die gebietsweise sehr unruhige Sedimentation und die ihr vorausgehenden tektonischen Bewegungen vor der anisischen Zeit und noch während dieser. Gegen Ende des Skyths ist mehr oder weniger starke Hebung in den Südalpengebieten erfolgt mit Trockenlegung größerer Gebiete, die im Anis folgende Senkung führte zu Transgressionen mit Aufarbeitung des Untergrundes und Zufuhr von Schutt aus den noch vorhandenen Landgebieten.

Durch die vulkanischen Vorgänge in den Südalpen komplizieren sich die Verhältnisse, es kann jedoch angenommen werden, daß die starke Förderung von Laven und Tuffen während der anischen, ladinischen und karnischen Zeit durch die tektonischen Bewegungen erleichtert bzw. erst möglich wurde.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Im obersten Anis sind stellenweise (Dolomiten, Vicentin, Judikarien) Regressionsanzeichen sichtbar, in den Engadiner Dolomiten zeigt sich ähnliches durch dolomitische Breccien und gipsführenden Dolomit.

Nach Kossmat besteht in den Julischen Alpen (Triglavgebiet) und ihren Vorlagen der obere Muschelkalk aus Konglomeraten mit bis faustgroßen Geröllen des unteren Dolomits.

Selbst in der ladinischen Stufe sind dort noch deutliche Einwirkungen eines nahen Landes sichtbar, denn in den hangenden, pflanzenführenden, kohligen Sandsteinen und Schiefern der Skonzaschichten (Wengener Stufe) finden sich außerdem auch Lagen von Geröllen. In der Wochein sind in den ladinischen Schichten Gerölle von Schwagerinenkalk eingelagert.

In den Nordalpen waren diese Bewegungen schwächer. Dort finden sich nur sehr vereinzelt konglomeratische und brecciöse Einlagerungen und Sandsteine in der anisischen Stufe.

Im übrigen sind die Zeugen für stärkere Bewegungen in der ladinischen Zeit spärlich. Kossmat berichtet außer den oben angeführten Beispielen über diskordante Lage in einigen Teilen der Südalpen, und für das Dolomitengebiet hat schon v. Mojsisovics 1879 orogene Bewegungen während der Buchensteiner und Wengener Zeit angenommen. Es seien vorwiegend im einzelnen ungleiche Senkungen gewesen, die zu der heteropischen Differenzierung der Sedimentation führten.

Ladinische Transgression konnte ich 1939 in Anatolien in der Umgebung von Ankara nachweisen. Der dort anstehende, dem Wettersteinkalk petrographisch und faunistisch entsprechende Kalkstein liegt diskordant und transgressiv teils über der paläozoischen Grauwacke, teils mit Grundkonglomerat über permischem Kalkstein. Ob diese Transgression über größere Gebiete ausgedehnt war, läßt sich derzeit noch nicht feststellen.

Im ganzen treten erst gegen Ende der ladinischen Zeit wieder stärkere Bewegungen auf, sie werden als spätladinische orogene Phase bezeichnet. Ihre Wirkungen wurden im einzelnen schon dargelegt, gebietsweise ist aber noch weit in die karnische Zeit hinein wiederholtes Auftreten orogener Bewegungen zu verfolgen.

Eine dritte Periode stärkerer Störungen, die in den Ostalpen großen Wirkungsbereich hat, beginnt am Ende der im wesentlichen ruhigen norischen Zeit. Die relativ einheitliche Sedimentation (Dachsteinkalk und -dolomit bzw. Hauptdolomit-Plattenkalk) wird in großen Gebieten der

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Kalkalpen von mehr oder weniger wechselvollen Ablagerungen abgelöst, doch treten grobklastische Einschaltungen im allgemeinen erst in den obersten Abteilungen der rhätischen Stufe auf. Gegen ihr Ende (genaue zeitliche Festlegung ist nicht möglich) werden die Bewegungen stärker, vorwiegend in Form von Hebungen, und führen zu Trockenlegung großer Gebiete des wenig tiefen Meeres. Analog mit den frühanisischen und spätladinischen sind auch diese spätrhätischen Hebungen nicht im gesamten Gebiete erfolgt. Sicher aber ist durch sie in vielen Teilgebieten Land entstanden, das im einzelnen wieder wechselnd lang bestehen blieb.

Durch die ausgedehnte Riffbildung während der Triaszeit sowie durch die verschieden starken Bodenbewegungen gegen ihr Ende war das Relief des Meeresbodens, das schon vorher sehr abwechslungsreich war, noch verstärkt worden. Die Gebiete ohne Riffbildung ragten gegenüber diesen weniger hoch auf. Zu dieser Auffassung kam bezüglich der ladinischen Riffbauten schon v. Mojsosovics 1879. Ogilvie-Gordon hat 1927 das gleiche angenommen, und die von Hummel 1932 durchgeführte Gliederung in Schwellen- und Beckenfazies bedeutet im Grunde dasselbe.

Aber auch für die Obertrias ist der Gegensatz zwischen Gebieten mit und ohne Riffe in gleicher Weise maßgebend. Das wurde von mir schon 1925 und 1927 dargelegt, wobei die Bedeutung der Riffe als höher aufragende Teile des Meeresbodens und ihre Einwirkung auf die Sedimentation der Liaszeit hervorgehoben wurde.

Entsprechende Hebungen brachten mehr oder weniger ausgedehnte Teile der Riffe über den Meeresspiegel, so daß sie den atmosphärischen Kräften ausgesetzt wurden. Das schon vorher wechselnd gestaltete Relief wurde dadurch noch unruhiger und die wechselvolle und öfters lückenhafte Sedimentation der Liaszeit ist darauf zurückzuführen. Küstennahe Flachmeersedimente mit sandigen, konglomeratischen und brecciösen Einlagerungen treten in der Nord- und Südzone auf, beträchtliche Zufuhr vom nördlichen Lande ist besonders im Osten vorhanden, wo die Grestener Liasfazies mit ihren Kohlenflözen längere Zeit andauernde Landbildung beweist. Dazu treten in vielen Teilgebieten der Nordalpen die zu verschiedenen Zeiten, im oberen Unterlias, im Mittellias, erfolgenden Transgressionen über verschiedene Triasstufen, die Ausbildung von Grundbreccien und -konglomeraten, Quarzkonglomeraten, Quarzglimmersandsteinen, die Einstreu von Geröllen skythischer Schiefer, vortriassischer Gesteine u. a.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Es ergibt sich somit ungleiche Hebung, verschieden langes Aufragen über den Meeresspiegel, Senkung und neue Hebung und erst allmählich wieder Überwiegen der Senkungen und damit Übergang zu einheitlicherer Sedimentation in der Doggerzeit. Jedoch treten auch jetzt noch stärkere Bewegungen auf, wofür die Hornsteinbreccie im Sonnwendgebirge als Beispiel genannt sei. Im Malm endlich sind gleichfalls noch Belege für tektonische Einwirkungen bekannt, wie Transgression des Oberjuras über Lias oder selbst des Tithons (Oberalmschichten) über Dachsteinkalk, auch die groben brecciösen Konglomerate mit Radiolarit als Bindemittel im obersten Malm im Gebiete des Tegernsees sind Zeugen für stärkere Bewegungen.

Eine spezielle Darlegung der vielen hier einschlägigen Vorkommen in den Nordalpen ist nicht beabsichtigt. Für den Nachweis stärkerer und in mehrfacher Wiederholung auftretender tektonischer Bewegungen von der rhätischen bis zum Ende der jurassischen Zeit genügen diese Hinweise.

Auch in der Zeit der Unterkreide läßt sich starke Zufuhr von grobklastischem Material in Form von sandigen oder konglomeratischen Lagen, von groben Breccien mit gebietsfremden Bestandteilen neben den vorwiegenden kalkalpinen feststellen, eine Tatsache, die ebenso wie die an einigen Stellen nachgewiesenen Transgressionen von Neokom bzw. Gault über Trias auf stärkere tektonische Bewegungen hinweisen.

In den Südalpen sind gleichfalls in vielen Gebieten tektonische Bewegungen vom Ende der Triaszeit bis in die Unterkreidezeit festzustellen. Triassisch-jurassische Grenzbildungen aus Breccien und Konglomeraten, die außer vorwiegendem Dachsteinkalk und -dolomit ältere Kalksteine, Quarze und Hornsteine sowie Bohnerz und Brauneisenkrusten enthalten, sind beweisend für längere Zeit der Verlandung. In der Puezgruppe beginnt der obere Dogger mit einer glaukonitischen Dolomitbreccie über Dachsteindolomit und ist überlagert von Neokom, an der westlichen Puezspitze liegt Neokom unmittelbar auf Dachsteindolomit. Am Heiligkreuzkofel liegt auf dem Dachsteindolomit ein festländischer Verwitterungshorizont, wobei kleine Klüfte des Dolomits ausgefüllt sind mit Brauneisen, Bohnerz und Breccien, darüber folgen Juraschichten. Ähnlich ist die Sachlage am Pragser Seekofel, auf der Sennesalm, im Pelmogebiet und in anderen Teilgebieten.

In den St. Vigiler Dolomiten liegen an der Trias-Liasgrenze öfter Aufarbeitungsprodukte aus oberer Trias und ortsfremden Gesteinen. Einfache und gemischte Breccien und Kon-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

glomerate, Sandsteine, Rauchwacken, Quarz, Hornstein, Phyllit, Glimmerschiefer sind dort bis zu 6 m Mächtigkeit entwickelt. Auch westlich der Dolomiten ist transgressive Lagerung des Lias vorhanden, z. B. östlich des Lago Maggiore, dort transgrediert auch der mittlere Lias über den unteren.

Einen besonders klaren und überzeugenden Beleg für transgressive und zugleich diskordante Lagerung des Oberjura (Kimmeridge) über Dachsteinkalk und Lias beschrieb Winkler 1920 aus dem Gebiete des Krn im mittleren Isonzogebiet. Dort liegen grobe Konglomerate mit kopf- bis hausgroßen Schollen von Dachsteinkalk verschiedener Ausbildung sowie Schollen von Liasmergel in der Größe von mehreren Kubikmetern in und über Rinnen und Furchen des steilgestellten Dachsteinkalkes. Am Matajur liegen ebenfalls Breccien im Oberjura, dort sind auch vorliassische Unterbrechungen der Sedimentation durch Breccienbänke im Dachsteinkalk und ihren Übergang in grobe Liasbreccien kenntlich.

In den Tarntaler Bergen, um auch aus dem zentralalpinen Gebiete ein Beispiel zu bringen, erfolgte, wie Hartmann feststellen konnte, nach dem Schwinden des rhätischen Flachmeeres Faltung. Wahrscheinlich ist infolge der mit der Faltung verbundenen Hebung das Meer verdrängt worden. In der Liaszeit, anscheinend erst im mittleren Unterlias, analog den Verhältnissen im Hagengebirge, transgredierte das Meer wieder über das inzwischen abgetragene und gesunkene Land, wobei grobe Grundkonglomerate abgelagert wurden.

Lückenhafte Sedimentation während der Jurazeit ist von Graubünden aus der Lischannagruppe bekannt. Der norische Hauptdolomit wird nach oben brecciös und der Lias beginnt mit einer Grundbreccie. Mehrere kleinere Transgressionen lassen sich dort nachweisen. Dogger scheint zu fehlen, Akanthikuskalk liegt unmittelbar auf Lias, auch der Tithonkalk enthält noch Brocken von Triaskalk und -dolomit.

In der Err-Julier-Gruppe beginnt der Lias mit groben Grundbreccien mit Dolomit, Quarz, viel Glimmerschiefer, Granit. Breccien ähnlicher Zusammensetzung treten auch im Hangenden noch wiederholt auf. Im ganzen ergibt sich sehr unruhige wechselvolle Sedimentation, es sind, nach Cornelius, orogene Sedimente im Gefolge einer liassischen Phase der Gebirgsbildung.

Im Oberjura, der mit Aptychenkalk beginnt, sind Breccien zunächst seltener, aber in dem hangenden roten Radiolarit treten polygene Breccien auf, maximal 5—10 m mächtig, aus Glimmer-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

schiefer und Phyllit, z. T. auch Quarzit und Dolomit, mit eckigen, teilweise kopfgroßen, teilweise kubikzentimetergroßen Blöcken, deren Bindemittel roter Hornstein mit Radiolarien ist. Die Bildung dieser Breccien führt Cornelius auf Rutschungen an steilen Küsten von Inseln zurück, die durch orogene Hebungen in der Jurazeit entstanden sind.

Auf die weitgehende Analogie mit den von mir 1929 beschriebenen Breccien im Tegernseegebiet der Nordalpen sei hier nur hingewiesen. Sicher ist jedenfalls der Beweis für vor- bis frühliassische und spätjurassische orogene Bewegungen in Graubünden, damit zeitliche Übereinstimmung mit den Bewegungen im Ostalpengebiete.

*

Aus allen diesen keineswegs vollständigen Belegen für Störungen und Unterbrechungen der gleichmäßigen Sedimentation im Gebiete der Ostkalkalpen einschließlich Graubündens ergibt sich der Nachweis von episodischen Bodenbewegungen während des gesamten Zeitraumes zwischen dem Ausklang der variszischen und dem Auftreten starker Bewegungen der alpinen Orogenese.

Stille hat 1924 für diese Zeit die beiden kimmerischen Phasen: altkimmerisch zwischen norischer und rhätischer Trias, jungkimmerisch zwischen Malm und Unterkreide angenommen. Inzwischen hat sich jedoch gezeigt, daß orogene Bewegungen auch zwischen pfälzischer Phase als letzter des variszischen Zyklus und altkimmerischer Phase sowie zwischen alt- und jungkimmerischer Phase im Ostalpengebiete wirksam waren.

Wenn auch diese Bewegungen nicht zu größeren Lagerungsstörungen, besonders nicht oder nur in geringem Ausmaße zu Faltung geführt haben, so ist doch ihr orogener Charakter nicht zu bezweifeln. Denn im Gegensatz zu typisch epirogenen Bewegungen sind diese Vorgänge für das Alpengebiet nicht universell, vielmehr jeweils auf einzelne Gebiete beschränkt und in ihnen in verschiedener Stärke aufgetreten. Soweit die Sachlage derzeit beurteilt werden kann, handelt es sich im wesentlichen um ungleiche vertikale Bewegungen, vorwiegend Hebung einzelner Gebiete mit dadurch auftretender Landbildung mit Erosion, Abtragung und Schuttbildung der verschiedensten Art, teils durch Aufarbeitung des unmittelbaren Untergrundes monogene Grundbreccien und -konglomerate, oft mit hydro-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

thermal gebildetem Bohnerz und mit Brauneisenkrusten, teils durch Mischung des ortseigenen Materials mit ortsfremden Bestandteilen: polygene Breccien und Konglomerate. In der voroberjurassischen Phase sind außerdem noch deutliche Beweise für Faltung erbracht.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen führen somit dahin, vor der altkimmerischen Phase zwei weitere orogene Phasen anzunehmen: eine schwache zwischen skythischer und anisischer Stufe, hauptsächlich im südalpinen Gebiete, und eine im gesamten Ostalpengebiet nachweisbare stärkere zwischen ladinischer und karnischer Stufe.

Für die altkimmerische Phase sind zwei Teilphasen anzunehmen: die erste zwischen Nor und Rhät, die zweite zwischen Rhät und Lias. Schwächere Bewegungen im Lias und Dogger leiten dann über zu der jungkimmerischen Phase im oberen Malm.

Stärkere Störungen mit Faltung und deutlicher diskordanter Lagerung der jüngeren Sedimente sind durch diese Phasen nur teilweise entstanden. Andererseits aber hatten sie großen Einfluß auf die Art der Sedimentation, und ein großer Teil der Faziesverschiedenheiten im kalkalpinen Gebiete ist auf sie zurückzuführen und steht in enger Abhängigkeit von ihnen.

Für alle diese Phasen ist bezeichnend, daß sie jeweils nur in Teilgebieten nachweisbar sind. Selbst die Phase zwischen Ladin und Karn ist im Berchtesgaden-Salzburger Bereich nicht überall nachzuweisen (oder die Hebung war dort so gering, daß keine Unterbrechung der gleichmäßigen Sedimentation eintrat), die andern Phasen ebenso wie auch die alt- und jungkimmerische Phase waren nur in Teilgebieten wirksam.

Spengler 1927 möchte die altkimmerische Phase nicht, wie Stille annimmt, zwischen Nor und Rhät, sondern erst in den unteren Lias verlegen. Es sind jedoch Anzeichen für orogene Bewegungen zwischen Nor und Rhät auch in den Nordalpen bekannt, z. B. habe ich 1928 Belege dafür aus dem Allgäu und aus Nordtirol angegeben, und weitere Belege sind in vielen Kalkalpenteilen sichtbar. Allerdings hatte auch diese Phase im Alpengebiet keine große Stärke. Die jungkimmerische Phase dagegen, kenntlich durch Transgression von Tithon und Neokom in den Nordalpen über ältere Schichten bis zum norischen Hauptdolomit, dürfte stärkere Ausmaße gehabt haben.

Im ganzen betrachtet sind alle diese Phasen im Alpengebiet Vorphasen der nach der Unter-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

kreidezeit einsetzenden austrischen Phase. Erst durch diese wurde allgemeine Faltung und Hebung des Gebietes, also Gebirgsbildung (im engeren Sinn) erzeugt. Es entstand das kretazische kalkalpine Gebirgsland, in und über das dann, ermöglicht durch die folgende Senkung, das Meer der Oberkreidezeit flutete, wobei sich mächtige grobklastische Ablagerungen, die Breccien und Konglomerate von Cenoman und Gosaukreide, bildeten.

So erscheinen alle Bewegungen zwischen pfälzischer und austrischer Phase nur als Vorläuferwellen der ersten starken Gebirgsbildung im kalkalpinen Raum, aber trotz ihrer geringen Stärke und ihrer Beschränkung auf Teilgebiete oder gerade vielmehr wegen dieser Beschränkung, nicht mehr als epirogene, sondern mit viel mehr Berechtigung als orogene Bewegungen.

Damit ergibt sich für den langen Zeitraum von Trias, Jura und Unterkreide stets wieder episodisches Eintreten von Bodenbewegungen in den jeweils dafür geeigneten Gebieten. Ihre Auswirkungen zeigen sich in der unruhigen wechselvollen Sedimentation, vor allem in der Aufarbeitung der subaërisch bearbeiteten Landoberflächen und der dadurch vielfach bis in wesentlich ältere Schichtglieder hinab stattgefundenen Erosion und in der Ablagerung bunt zusammengesetzter Schuttmengen auf den allmählich wieder versenkten Landresten und in ihrer Umgebung.

Aus allem muß gefolgert werden, daß in dieser Zeit neben epirogenen auch orogene Bewegungen gewirkt haben. Darauf ist die Mannigfaltigkeit der mesozoischen Sedimente und ihre Lückenhaftigkeit zurückzuführen.

Die Annahme von Diener u. a., daß das alpine Tethysgebiet im Mesozoikum ein Mittelmeer mit unruhigem Bodenrelief, Untiefen und Inseln wechselnder Ausdehnung und Gestaltung war, wird damit bestätigt. Zugleich zeigt sich, daß die ausschlaggebenden Ursachen dafür in orogenen Vorgängen zu suchen sind.

Literatur.

Cornelius, H. P., Zur Vorgeschichte der Alpenfaltung. Geol. Rundschau **16**. 1925.

— Geologie der Err-Julier-Gruppe. Beitr. Geol. Karte der Schweiz, N. F. 70. Lfg. 1935.

— Zur Auffassung der Ostalpen im Sinne der Deckenlehre. Z. Deutsche Geol. Ges. **92**. 1940.

Diener, C., Die marinen Reiche der Triasperiode. Denkschr. Ak. d. Wiss. Wien, **92**. 1915.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Geyer, G., Über die Schichtfolge und den Bau der Kalkalpen im unteren Enns- und Ybbstale. Jb. Öst. Geol. Reichsanst. **59**. 1912.
Hartmann, E., Der Schuppenbau der Tarntaler Berge am Westende der Hohen Tauern. Jb. Öst. Geol. Reichsanst. **63**. 1913.
Houten, L. van, Geologie der Kalkalpen am Ostufer des Lago Maggiore. Ecl. Geol. Helv. **22**. 1929.
— Geologie des Pelmo-Gebietes in den Dolomiten von Cadore. Jb. Öst. Geol. Bundesanst. **80**. 1930.
Hummel, K., Zur Stratigraphie und Faziesentwicklung der südalpinen Mitteltrias. Neues Jb. Min. usw. Beil. Bd. 68. 1932.
Klebelsberg, R. v., Beiträge zur Geologie der Südtiroler Dolomiten. Z. Deutsche Geol. Ges. **79**. 1927.
— Führer durch die Südtiroler Dolomiten. Berlin 1928.
Kossmat, Fr., Paläogeographie und Tektonik. Berlin 1936.
Leuchs, K., Über Einflüsse der Triasriffe auf die Liassedimentation in den nördlichen Kalkalpen. Senckenbergiana **7**. 1925.
— Geologie von Bayern, 2. Teil: Bayrische Alpen. **Hdb.** der Geologie und Bodenschätze Deutschlands. Berlin 1927.
— Polygene Konglomerate im nordalpinen Rhät und die altkimmerische Phase. Geol. Rundschau **19**. 1928.
— Die Oberjura-Breccien des Aalbachtales östlich Tegernsee. Z. Min. usw. B. 1929.
und Mosebach, R., Die spätladinische Hebung, Z. Min. usw. B. 1936.
— Ladinische und karnische Transgression in Anatolien. Z. Min. usw. B. 1939.
Mojsisovics, E. von, Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien. Wien 1879.
Mutschlechner, G., Geologie der St. Vigiler Dolomiten. Jb. Öst. Geol. Bundesanst. **82**. 1932.
Geologie der Peitlerkofelgruppe. Jb. Öst. Geol. Bundesanst. **33**. 1933.
Müller-Deile, G., Die spätladinische Hebung und Vererzung in den bayrischen Alpen. Z. Min. usw. B. 1937.
Nöth, L., Geologie des mittleren Cordevolegebietes zwischen Valazza und Cencenighe (Dolomiten). Jb. Öst. Geol. Bundesanst. **79**. 1929.
Ogilvie-Gordon, M., Das Grödener-, Fassa- und Enneberggebiet in den Südtiroler Dolomiten. Abh. Öst, Geol. Bundesanst. 24. 1927.
Pia, J. von, Geologische Studien im Höllengebirge und seinen nördlichen Vorlagen. Jb. Öst. Geol. Reichsanst. **62**. 1912.
Reithofer, O., Geologie der Puezgruppe. Jb. Öst. Geol. Bundesanst. **80**. 1930.
Geologie der Sellagruppe. Jb. Öst. Geol. Bundesanst. **78**. 1928.
Richthofen, F. von, Geognostische Beschreibung der Umgebung von Predazzo, St. Cassian und der Seißer Alpe in Südtirol. Gotha 1860.
Spengler, E., Ein geologischer Querschnitt durch die Kalkalpen des Salzkammergutes. Mitt. Wiener Geol. Ges. **11**. 1918.
— Über die von H. Stille in der nördlichen Kalkzone der Ostalpen unterschiedenen Gebirgsbildungsphasen. Z. Min. usw. B. 1927.
Spitz, A., und Dyhrenfurth, G., Monographie der Engadiner Dolomiten. Beitr. Geol. Karte der Schweiz, N. F. 44. Lfg. 1914.
Stille, H., Grundfragen der vergleichenden Tektonik. Berlin 1924.
Winkler, A., Das mittlere Isonzogebiet. Jb. Öst. Geol. Bundesanst. **70**. 1920.